

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-012059  
(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl. H01M 8/04  
H01M 8/00

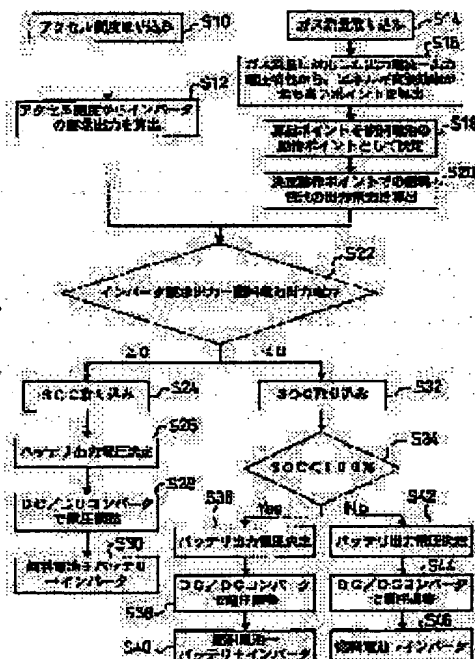
(21)Application number : 10-196763 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP  
(22)Date of filing : 25.06.1998 (72)Inventor : IWASE MASAYOSHI

## (54) FUEL CELL SYSTEM AND FUEL CELL CONTROL METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To operate a fuel cell at an operation point with high energy conversion efficiency.

**SOLUTION:** A control part calculates required output of an inverter from taking in accelerator opening (S12). The control part takes out output current-output voltage characteristic corresponding to taking in gas amount, calculates the highest point of energy efficiency from the characteristic taken out, decides as the operation point of a fuel cell, and calculates the output power of the fuel cell at the operation point (S16-S20). The control part decides output voltage required to a battery, based on the difference between inverter requiring output and fuel cell output power and SOC of the battery (S24). The control part controls a DC/DC converter and adjusts the output voltage of the DC/DC converter, so that the output voltage of the battery becomes the decided output voltage (S28). The control part controls the inverter and causes the electric power corresponding to required output in a motor (S30) to be consumed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-12059  
(P2000-12059A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マークシート (参考)
H 0 1 M 8/04		H 0 1 M 8/04	P 5 H 0 2 7
8/00		8/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-196763

(22) 出願日 平成10年6月25日 (1998.6.25)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 岩瀬 正宜

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100097146

弁理士 下出 隆史 (外2名)

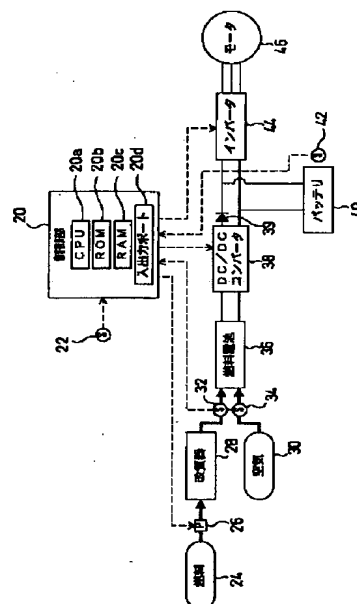
Fターム (参考) 5H027 AA06 BA01 DD03 KK00 KK22  
KK25 KK51 MM26 MM27

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム及び燃料電池制御方法

(57) 【要約】

【課題】 燃料電池をエネルギー変換効率の高い動作ポイントで動作させる。

【解決手段】 制御部は取り込んだアクセル開度からインバータの要求出力を算出する (S12)。制御部は取り込んだガス量に対応した出力電流-出力電圧特性を導き出し、その特性からエネルギー変換効率の最も高いポイントを算出し、燃料電池の動作ポイントとして決定する共に、その動作ポイントでの燃料電池の出力電力を算出する (S16~S20)。制御部はインバータ要求出力と燃料電池出力電力の差とバッテリーのSOCに基づいてバッテリーに要求される出力電圧を決定する (S24)。制御部はDC/DCコンバータを制御して、バッテリーの出力電圧が決定した出力電圧になるように、DC/DCコンバータの出力電圧を調整する (S28)。制御部はインバータを制御して、要求出力に相当する電力をモータで消費させるようにする (S30)。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池を備え、発生された電力を負荷に与える燃料電池システムであって、

前記燃料電池に供給される前記ガスの流量に関連したガス流量関連量を検出するガス流量関連量検出手段と、検出された前記ガス流量関連量に対応して、前記燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出し、該動作ポイントで前記燃料電池を動作させるように、前記燃料電池から取り出すべき電力を制御する制御手段と、

を備える燃料電池システム。

【請求項2】 ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、電力を蓄積すると共に、蓄積された電力を出力することが可能な二次電池と、を備え、前記燃料電池で発生された電力または前記二次電池から出力された電力を負荷に与える燃料電池システムであって、

前記燃料電池に供給される前記ガスの流量に関連したガス流量関連量を検出するガス流量関連量検出手段と、

検出された前記ガス流量関連量に対応して、前記燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出し、該動作ポイントで前記燃料電池を動作させるために必要な、前記燃料電池から取り出すべき電力を求めると共に、前記負荷に与えるべき電力を求め、求めた2つの電力に基づいて前記二次電池から出力すべき電力または該二次電池に蓄積すべき電力を制御する制御手段と、

を備える燃料電池システム。

【請求項3】 請求項2に記載の燃料電池システムにおいて、

前記二次電池の充電量を検出する二次電池充電量センサをさらに備えると共に、

前記制御手段は、求めた前記2つの電力の他、検出された前記充電量にも基づいて、前記二次電池から出力すべき電力または該二次電池に蓄積すべき電力を制御することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項4】 請求項1ないし請求項3のうちの任意の一つに記載の燃料電池システムにおいて、

前記制御手段は、前記出力電流－出力電圧特性において、エネルギー変換効率が最も高いポイントを前記動作ポイントとして導き出すことを特徴とする燃料電池システム。

【請求項5】 燃料電池システムであって、燃料ガスと酸化ガスの供給を受け、該燃料ガスと酸化ガスをを用いて電気化学反応を生じさせることにより、電力を発生する燃料電池と、

該燃料電池に供給される前記燃料ガスまたは酸化ガスの流量を検出する流量センサと、

電力を蓄積すると共に、蓄積された電力を出力する二次電池と、

該二次電池の充電量を検出する二次電池充電量センサと、

前記燃料電池または前記二次電池からの電力の供給を受けて、モータを駆動するインバータと、

前記燃料電池から出力された電圧を昇圧または減圧して、前記二次電池及びインバータに並列に印加するコンバータと、

検出された前記流量に対応して、前記燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出し、該動作ポイントで前記燃料電池を動作させるために必要な、前記燃料電池から取り出すべき電力を求めると共に、外部からの情報に基づいて前記インバータに供給すべき電力を求め、求めた2つの電力と検出された前記充電量に基づいて、前記コンバータから出力される電圧を調整する制御部と、

を備える燃料電池システム。

【請求項6】 ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池を制御するための燃料電池制御方法であって、

(a) 前記燃料電池に供給される前記ガスの流量に関連したガス流量関連量を検出する工程と、

(b) 検出された前記ガス流量関連量に対応して、前記燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出す工程と、

(c) 導き出した前記動作ポイントで前記燃料電池を動作させるように、前記燃料電池から取り出すべき電力を制御する工程と、

を備える燃料電池制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エネルギー変換効率の高い状態で燃料電池を動作させることが可能な燃料電池システム及び燃料電池制御方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば、電気自動車に搭載され得る従来の燃料電池システムは、図5に示すように、メタノール及び水などの燃料124をポンプ126を介して改質器128に投入し、改質器128において、燃料124からメタノールの水蒸気改質反応によって水素などの燃料ガスを生成し、その生成した燃料ガスと空気130とを燃料電池136に流入し、燃料電池136において、燃料ガスと空気130を用いて電気化学反応により起電力を発生する。そして、燃料電池136で発生した電力と燃料電池136に並列に接続されたバッテリ140から出力される電力とをインバータ144に供給し、モータ146を駆動して、電気自動車の推進力を得ている。

【0003】制御部120は、アクセルペダルポジションセンサ122によって検出される電気自動車のアクセル開度から、インバータ144の要求出力（要求電力）を算出すると共に、算出した要求出力に基づいてインバータ144を制御して、要求出力に相当する電力がイン

バータ144を介してモータ146に供給されるようにしている。

【0004】即ち、インバータ144の要求出力に対し、燃料電池136からは、これを賄うように電力が出力され、そして、燃料電池136からの電力だけで賄いきれない場合には、バッテリー140から、その不足分の電力が出力されて、インバータ144に供給される。従って、燃料電池136の出力電力は、インバータ144の要求出力に依存している。

【0005】また、燃料電池136は、インバータ144からいくら電力の出力要求が出されていても、その電力を出力するのに十分な燃料ガスが改質器128から燃料電池136に供給されていなければ、要求通りの電力を出力することはできない。従って、燃料電池136の出力電力は、燃料電池136に供給される燃料ガスの量（ガス流量）にも依存している。

【0006】また、インバータ144の要求出力に応じて燃料電池136に供給される燃料ガスの量を調整するために、制御部120は、インバータ144の要求出力に基づいてポンプ126を駆動し、改質器128に投入される燃料124の量を制御している。

【0007】しかし、改質器128では、投入される燃料124の量が増加（または減少）しても、生成される燃料ガスの量はすぐには増加（または減少）せず、2～20秒ほどのタイムラグを生じて増加（または減少）する。従って、燃料電池136において必要とされる燃料ガスの量と燃料電池136に実際に供給される燃料ガスの量（ガス流量）とは必ずしも一致するわけではない。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上記したように、従来の燃料電池システムにおいては、燃料電池の出力電力はインバータの要求出力や燃料電池に供給される燃料ガスの量（ガス流量）に依存しており、従って、燃料電池136の動作ポイントは、インバータの要求出力やガス流量などによって成り行きで決まっていた。

【0009】図6は一般的な燃料電池における出力電力と発電効率との関係を燃料電池に供給される燃料ガスの量（ガス流量）をパラメータとして示した特性図、図7は一般的な燃料電池における出力電力とその電力を発生させるのに必要な燃料ガスの量との関係を示した特性図である。

【0010】従って、上記した従来の燃料電池システムにおいては、図6に示すように、燃料電池は、発電効率の高い動作ポイントaで動作することが可能であるにも関わらず、ガス流量などによって動作ポイントが成り行きで決定されるため、例えば、発電効率の低い動作ポイントbで動作している場合があった。

【0011】また、上記した従来の燃料電池システムにおいては、図7に示すように、改質器から燃料電池に、出力電力Wcを発生させるだけの量Qcの燃料ガスが供

給されている場合でも、インバータの要求出力などによって動作ポイントが成り行きで決定されるため、燃料電池は、例えば、出力電力がWdしか発生しないような動作ポイントdで動作している場合があった。このような場合、出力電力Wdを発生させるのに必要な燃料ガスの量は本来Qdで良いため、 $Qc - Qd$ の量の燃料ガスが無駄になっており、燃料ガスの利用率が低かった。

【0012】このように、従来の燃料電池システムにおいて、燃料電池の動作ポイントは、インバータの要求出力やガス流量などによって成り行きで決定されているため、燃料電池は、必ずしも、発電効率の高い動作ポイントやガス利用率の高い動作ポイントで動作していなかった。

【0013】なお、発電効率とガス利用率とはトレードオフの関係にあるため、両者を共に高くすることは困難であるが、両者の積を最大にすることによって、発電効率とガス利用率を共にできる限り高くすることは可能である。この場合、発電効率とガス利用率の積は、燃料電池のエネルギー変換効率として表すことができる。

【0014】従って、本発明の目的は、上記した従来技術の問題点を解決し、燃料電池のエネルギー変換効率を高くすることが可能な燃料電池システムを提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段およびその作用・効果】上記した目的の少なくとも一部を達成するために、本発明の第1の燃料電池システムは、ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池を備え、発生された電力を負荷に与える燃料電池システムであって、前記燃料電池に供給される前記ガスの流量に関連したガス流量関連量を検出するガス流量関連量検出手段と、検出された前記ガス流量関連量に対応して、前記燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出し、該動作ポイントで前記燃料電池を動作させるように、前記燃料電池から取り出すべき電力を制御する制御手段と、を備えることを要旨とする。

【0016】また、本発明の燃料電池制御方法は、ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池を制御するための燃料電池制御方法であって、（a）前記燃料電池に供給される前記ガスの流量に関連したガス流量関連量を検出する工程と、（b）検出された前記ガス流量関連量に対応して、前記燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出す工程と、（c）導き出した前記動作ポイントで前記燃料電池を動作させるように、前記燃料電池から取り出すべき電力を制御する工程と、を備えることを要旨としている。

【0017】このように、本発明の第1の燃料電池システム及び燃料電池制御方法では、燃料電池に供給されるガスの流量に関連したガス流量関連量を検出し、そのガス流量関連量に対応して、燃料電池における出力電流－

出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出す。そして、その動作ポイントで燃料電池を動作させるように、燃料電池から取り出すべき電力を制御する。

【0018】従って、本発明の第1の燃料電池システム及び燃料電池制御方法によれば、ガス流量関連量に対応して出力電力－出力電流特性に関連した動作ポイントを導き出す際、その出力電力－出力電流特性の中で最もエネルギー変換効率の高い動作ポイントを導き出すようにすれば、燃料電池をエネルギー変換効率の最も高い動作ポイントで動作させることが可能となり、延いては、燃料電池の発電効率とガス利用率を共にできる限り高くすることができる。

【0019】本発明の第2の燃料電池システムは、ガスの供給を受けて電力を発生する燃料電池と、電力を蓄積すると共に、蓄積された電力を出力することが可能な二次電池と、を備え、前記燃料電池で発生された電力または前記二次電池から出力された電力を負荷に与える燃料電池システムであって、前記燃料電池に供給される前記ガスの流量に関連したガス流量関連量を検出するガス流量関連量検出手段と、検出された前記ガス流量関連量に対応して、前記燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出し、該動作ポイントで前記燃料電池を動作させるために必要な、前記燃料電池から取り出すべき電力を求めると共に、前記負荷に与えるべき電力を求め、求めた2つの電力に基づいて前記二次電池から出力すべき電力または該二次電池に蓄積すべき電力を制御する制御手段と、を備えることを要旨とする。

【0020】このように、本発明の第2の燃料電池システムでは、燃料電池に供給されるガスの流量に関連したガス流量関連量を検出し、そのガス流量関連量に対応して、燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出す。そして、その動作ポイントで燃料電池を動作させるために必要な、燃料電池から取り出すべき電力を求めると共に、負荷に与えるべき電力を求め、求めた2つの電力に基づいて二次電池から出力すべき電力または二次電池に蓄積すべき電力を制御する。このように二次電池の電力を制御することによって、燃料電池からは上記のように求めた電力を取り出すことができ、燃料電池を上記動作ポイントで動作させることができる。

【0021】従って、本発明の第2の燃料電池システムによれば、ガス流量関連量に対応して出力電力－出力電流特性に関連した動作ポイントを導き出す際に、最もエネルギー変換効率の高い動作ポイントを導き出すようにすれば、上記したような制御を行なうことによって、燃料電池をそのような動作ポイントで動作させることが可能となり、燃料電池の発電効率とガス利用率を共にできる限り高くすることが可能となる。

【0022】本発明の第2の燃料電池システムにおい

て、前記二次電池の充電量を検出する二次電池充電量センサをさらに備えると共に、前記制御手段は、求めた前記2つの電力の他、前記二次電池の充電量にも基づいて、前記二次電池から出力すべき電力または該二次電池に蓄積すべき電力を制御することが望ましい。

【0023】一般に、二次電池の出力電力の特性は、二次電池の充電量に依存するからである。また、二次電池の充電量が満充電に近い場合には、二次電池に電力を蓄積することは不可能であるので、そのような場合には電力を蓄積しないように制御する必要があるからである。

【0024】本発明の第1または第2の燃料電池システムにおいて、前記制御手段は、前記出力電流－出力電圧特性において、エネルギー変換効率の最も高いポイントを前記動作ポイントとして導き出すことが望ましい。

【0025】このような動作ポイントを導き出すことによって、燃料電池をエネルギー変換効率の最も高い動作ポイントで動作させることが可能となる。

【0026】本発明の第3の燃料電池システムは、燃料ガスと酸化ガスの供給を受け、該燃料ガスと酸化ガスを用いて電気化学反応を生じさせることにより、電力を発生する燃料電池と、該燃料電池に供給される前記燃料ガスまたは酸化ガスの流量を検出する流量センサと、電力を蓄積すると共に、蓄積された電力を出力する二次電池と、該二次電池の充電量を検出する二次電池充電量センサと、前記燃料電池または前記二次電池からの電力の供給を受けて、モータを駆動するインバータと、前記燃料電池から出力された電圧を昇圧または減圧して、前記二次電池及びインバータに並列に印加するコンバータと、検出された前記流量に対応して、前記燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出し、該動作ポイントで前記燃料電池を動作させるために必要な、前記燃料電池から取り出すべき電力を求めると共に、外部からの情報に基づいて前記インバータに供給すべき電力を求め、求めた2つの電力と検出された前記充電量に基づいて、前記コンバータから出力される電圧を調整する制御部と、を備えることを要旨とする。

【0027】本発明の第3の燃料電池システムでは、流量センサが、燃料電池に供給される燃料ガスまたは酸化ガスの流量を検出する。二次電池充電量センサは、二次電池の充電量を検出する。インバータは、燃料電池または二次電池からの電力の供給を受けて、モータを駆動する。コンバータは、燃料電池から出力された電圧を昇圧または減圧して、二次電池及びインバータに並列に印加する。制御部は、流量センサによって検出された流量に対応して、燃料電池における出力電流－出力電圧特性に関連した動作ポイントを導き出し、その動作ポイントで燃料電池を動作させるために必要な、燃料電池から取り出すべき電力を求めると共に、別に、外部からの情報に基づいてインバータに供給すべき電力を求めると共に、求めた2つの電力と二次電池充電量センサによって

検出された充電量とに基づいて、コンバータから出力される電圧を調整する。この結果、この電圧が印加される二次電池の電力（出力される電力または蓄積される電力）が所望の値に調整されて、燃料電池からは上記のように求めた電力を取り出すことができ、燃料電池を上記動作ポイントで動作させることができる。

【0028】従って、本発明の第3の燃料電池システムによれば、流量に対応して出力電力ー出力電流特性に関連した動作ポイントを導き出す際に、最もエネルギー変換効率の高い動作ポイントを選択することによって、燃料電池をそのような動作ポイントで動作させることが可能となり、燃料電池の発電効率とガス利用率を共にできる限り高くすることが可能となる。

【0029】

【発明の他の態様】本発明は、以下のような他の態様を探ることも可能である。即ち、その態様は、上記した第1ないし第3の燃料電池システムを搭載した電気自動車である。この電気自動車では、燃料電池から電力の供給を受ける負荷としてモータを用い、そのモータの駆動によって、電気自動車の推進力等を得るようにする。

【0030】このように第1ないし第3の燃料電池システムを電気自動車に搭載することによって、エネルギー変換効率の高い電気自動車を実現することができる。

【0031】

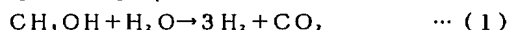
【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を実施例に基づいて説明する。図1は本発明の一実施例としての燃料電池システムの構成を示す構成図である。なお、本実施例の燃料電池システムは電気自動車に搭載されているものとする。

【0032】それでは、図1に示す燃料電池システムの構成及び概略的な動作について説明する。図1に示す燃料電池システムは、制御部20と、アクセルペダルポジションセンサ22と、ポンプ26と、改質器28と、流量センサ32、34と、燃料電池36と、DC/DCコンバータ38と、バッテリー40と、SOCセンサ42と、インバータ44と、モータ46と、を主として備えている。

【0033】ポンプ26は、制御部20からの制御信号によって制御されることより、メタノール及び水などの燃料24を改質器28に供給する。

【0034】改質器28は、燃料24として供給された水及びメタノールから、式(1)に示すメタノールの水蒸気改質反応によって、水素を含有する水素リッチガス（改質ガス）を生成する。

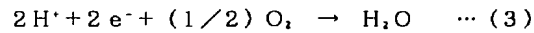
【0035】



【0036】燃料電池36は、改質器28にて生成された水素リッチガスを燃料ガスとして導入すると共に、空気30を、酸素を含有する酸化ガスとして導入して、式

(2)～(4)に示すような電気化学反応を行ない、電力を発生する。

【0037】



【0038】本実施例においては、燃料電池36は固体高分子型燃料電池で構成されており、電解質膜、アノード、カソード、セパレータなどから成る単セル（図示せず）を複数積層したスタック構造を成している。導入された水素リッチガスは燃料ガス流路（図示せず）を介して各単セルのカソードに供給され、式(2)に示す反応に供され、空気は酸化ガス流路（図示せず）を介して各単セルのアノードに供給され、式(3)に示す反応に供される。なお、式(4)は燃料電池全体で起きる反応である。

【0039】流量センサ32は、燃料電池36への水素リッチガス供給路を流れる水素リッチガスの流量を検出し、また、流量センサ34は、燃料電池36への空気供給路を流れる空気の流量を検出して、それぞれ、その検出結果を制御部20に送る。なお、流量センサ32、34は、必ずしも、水素リッチガスや空気の流量を直接的に検出するセンサである必要はなく、水素リッチガスや空気の流量に関連した量を検出することが可能なセンサであれば良い。

【0040】燃料電池36には、DC/DCコンバータ38を介してバッテリー40とインバータ44が並列に接続されており、燃料電池36で発生された電力は、DC/DCコンバータ38を介してインバータ44に供給されると共に、場合によってはバッテリー40にも供給される。

【0041】DC/DCコンバータ38は、燃料電池36から出力された電圧を昇圧または降圧して、ダイオード39を介してインバータ44及びバッテリー40に並列に印加する。このとき、DC/DCコンバータ38は、制御部20からの制御信号に従って、昇圧または降圧した電圧を調整する。

【0042】ダイオード39は、DC/DCコンバータ38からインバータ44やバッテリー40に対し一方にのみ電流が流れるようにしている。

【0043】バッテリー40は、燃料電池36から供給された電力や、場合によってはモータ46からインバータ44を介して回生された電力を蓄積したり、蓄積された電力をインバータ44に供給したりする。本実施例では、二次電池として鉛蓄電池等のバッテリー40を用いているが、ニッケル-カドミウム蓄電池、ニッケル-水素蓄電池、リチウム二次電池など他種の二次電池を用いることもできる。このバッテリー40の電源容量は、電気自動車の予想される走行状態、即ち、予想される負荷の大きさや、併設される燃料電池36の電源容量などによ

で決定される。

【0044】SOCセンサ42は、バッテリー40の充電量(SOC)を検出して、その検出結果を制御部20に送る。具体的には、SOCセンサ42は、バッテリー40における充電・放電の電流値と時間とを積算するSOCメータで構成されており、制御部20は、この積算値を基にしてバッテリー40の充電量を演算により求めている。また、このようなSOCメータの代わりに、バッテリー40の出力電圧を測定する電圧センサや、バッテリー40の電解液の比重を測定する比重センサによって、SOCセンサ42を構成するようにしても良い。この場合、制御部20は、それら測定値からバッテリー40の充電量を求めるようにする。

【0045】インバータ44は、燃料電池36やバッテリー40から供給された電力によってモータ46を駆動する。具体的には、インバータ44は、DC/DCコンバータ38やバッテリー40から印加された直流電圧を、3相交流電圧に変換してモータ46に供給すると共に、このとき、制御部20からの制御信号に従って、モータ46に供給する3相交流電圧の振幅(実際にはパルス幅)及び周波数を調節することによって、モータ46で発生するトルクを制御している。

【0046】実際には、インバータ44は、6個のスイッチング素子(例えば、バイポーラ形MOSFET(IGBT))を主回路素子として構成されており、これらスイッチング素子のスイッチング動作を制御部20からの制御信号によって制御されることにより、印加された直流電圧を所望の振幅及び周波数の三相交流電圧に変換している。

【0047】モータ46は、例えば、三相同期モータで構成されており、燃料電池36やモータ46からインバータ44を介して供給された電力によって駆動されて、駆動軸(図示せず)にトルクを発生させる。発生されたトルクはギヤ(図示せず)を介して電気自動車の車軸(図示せず)に伝達され、車輪に回転駆動力を与える。これにより、電気自動車に推進力が与えられて、電気自動車を走行させる。

【0048】また、アクセルペダルポジションセンサ22は、電気自動車のアクセル開度を検出して、その検出結果を制御部20に送る。

【0049】一方、制御部20は、CPU20aや、ROM20bや、RAM20cや、入出力ポート20dを備えている。このうち、CPU20aは、制御プログラムに従って所望の演算を実行して、種々の処理や制御を行なう。また、ROM20bは、上記した制御プログラムや、上記演算を実行する際に用いる制御データや、後述する燃料電池36のガス流量をパラメータとした出力電流-出力電圧特性のデータや、バッテリー40の充電量(SOC)をパラメータとした出力電流-出力電力特性のデータなどを予め格納している。RAMは、上記演算

を実行したことによって得られる各種データを一時的に格納する。入出力ポートは、各種センサから送られてきた検出結果を入力してCPU20aに伝える共に、CPU20aからの指示に従って、各構成要素に制御信号を出力する。

【0050】それでは、本実施例の燃料電池システムにおける処理動作について、図2のフローチャートを用いながら詳しく説明する。

【0051】図2は図1の燃料電池システムにおける処理動作の流れを示すフローチャートである。図2に示すように、まず、制御部20がアクセルペダルポジションセンサ22によって検出されたアクセル開度を取り込む(ステップS10)。これによって、インバータ44を介してモータ46にどの程度の電力を送って電気自動車を走行させたいかという運転者の希望を、制御部20が検知することができる。そこで、制御部20は、その取り込んだアクセル開度から、インバータ44に供給すべき電力(インバータ44の要求出力)を算出する(ステップS12)。

【0052】また、制御部20は、流量センサ32によって検出された燃料ガスである水素リッチガスの流量をガス流量として取り込む(ステップS14)。なお、式(4)で示したように電気化学反応で用いられる水素と酸素の量には一定の関係があるため、燃料ガスである水素リッチガスの流量を取り込む代わりに、流量センサ34によって検出された酸化ガスである空気の流量をガス流量として取り込んでも良い。また、水素リッチガス及び空気の流量を共に取り込むようにしても良い。

【0053】ところで、前述したように、制御部20内のROM20bには、燃料電池36における、ガス流量をパラメータとした出力電流-出力電圧特性のデータが格納されている。

【0054】図3は図1の燃料電池36における、ガス流量をパラメータとした出力電流-出力電圧特性の一例を示す特性図である。図3において、縦軸は燃料電池36の出力電圧を表し、横軸は出力電流を表している。

【0055】図3に示すように、燃料電池36の出力電流-出力電圧特性は、燃料電池36に流入される燃料ガスの流量(ガス流量)によって変化しており、ガス流量が或る値に決まれば、そのガス流量での出力電流-出力電圧特性が一意的に決まる。図3では、ガス流量が小さい順に、特性F1、F2、F3、F4となっている。

【0056】従って、ROM20bには、各ガス流量毎に、そのガス流量での出力電流-出力電圧特性が格納されている。そこで、制御部20は、取り込んだガス流量に基づいて、そのガス流量に対応した出力電流-出力電圧特性を制御部20内のROM20bから読み出す。そして、制御部20は、その読み出した出力電流-出力電圧特性から、燃料電池36におけるエネルギー変換効率の最も高いポイントを算出する(ステップS16)。

【0057】ここで、燃料電池36におけるエネルギー変換効率 $\eta$ は、燃料電池36における発電効率とガス利用率の積（発電効率 $\times$ ガス利用率）として得ることができる。一方、一般に燃料電池においては、その発電効率はその出力電圧に比例し、必要な燃料ガスの量はその出力電流に比例するという関係が知られている。従って、燃料電池における発電効率とガス利用率との積は、出力電圧と出力電流との積に置き換えることができる。即ち、言い換えれば、燃料電池におけるエネルギー変換効率は燃料電池における出力電圧と出力電流との積（出力電圧 $\times$ 出力電流）として表すことができる。

【0058】よって、例えば、検出されたガス流量に対応した出力電流-出力電圧特性として図3における特性F2が読み出された場合、制御部20は、その読み出した出力電流-出力電圧特性F2において、出力電圧と出力電流との積が最も大きくなるポイントPmを算出し、そのポイントPmをエネルギー変換効率の最も高いポイントとする。

【0059】なお、燃料電池における出力電圧と出力電流との積は、燃料電池の出力電力に相当するため、燃料電池の出力電力の最も大きなポイントがエネルギー変換効率の最も高いポイントとなる。

【0060】こうしてエネルギー変換効率の最も高いポイントを算出したら、制御部20は、その算出したポイントを燃料電池36の動作ポイントとして決定し（ステップS18）、その動作ポイントで燃料電池36を動作させた場合の燃料電池36の出力電力を算出する（ステップS20）。

【0061】なお、制御部20は、ステップS10、S12の処理とステップS14～S20の処理をほぼ同時進行で行なっても良いし、一方の処理が終了した後、他方の処理を開始するようにしても良い。

【0062】次に、制御部20は、ステップS12で算出されたインバータ44の要求出力から、ステップS20で算出された燃料電池36の出力電力を減算して、その差を求め（ステップS22）、その差が0以上であれば、ステップS24の処理に進み、0未満であれば、ステップS32の処理に移行する。ここで、差が0以上であるということは、インバータ44の要求出力が燃料電池36の出力電力だけでは賄いきれない状態を表しており、差が0未満であるということは、燃料電池36の出力電力をインバータ44に供給しても、電力がなお余ってしまうという状態を表している。

【0063】そこで、差が0以上の場合、制御部20は、まず、SOCセンサ42によって検出されたバッテリー40の充電量（SOC）を取り込む（ステップS24）。

【0064】ところで、前述したように、制御部20内のROM20bには、バッテリー40における、SOCをパラメータとした出力電流-出力電力特性のデータが格

納されている。

【0065】図4は図1のバッテリー40における、SOCをパラメータとした出力電流-出力電圧特性の一例を示す特性図である。図4において、縦軸はバッテリー40の出力電圧を表し、横軸は出力電流を表している。

【0066】図4に示すように、バッテリー40の出力電流-出力電圧特性はSOCによって変化しており、SOCが決まれば、そのときの出力電流-出力電圧特性が一意的に決まる。図4では、SOCの小さな順にG1、G2、…、G5となっている。従って、ROM20bには、各SOC毎に、そのSOCでの出力電流-出力電圧特性が格納されている。

【0067】そこで、制御部20は、取り込んだSOCに基づいて、そのSOCに対応した出力電流-出力電圧特性を制御部20内のROM20bから読み出す。そして、制御部20は、その読み出した出力電流-出力電圧特性に基づいて、ステップS22で得られたインバータ44の要求出力と36の出力電力との差から、バッテリー40に要求される出力電圧を決定する（ステップS26）。

【0068】具体的には、例えば、検出されたSOCに対応した出力電流-出力電圧特性として、図4における特性G3が読み出された場合、制御部20は、その読み出された出力電流-出力電圧特性G3において、出力電力と出力電流との積（即ち、バッテリー40の出力電力）が、インバータ44の要求出力と36の出力電力との差にほぼ等しくなるポイントを算出する。今、そのポイントが図4にPnであるとする、そのポイントPnでのバッテリー40の出力電圧Vnを、バッテリー40に要求される出力電圧として決定する。

【0069】次に、制御部20は、DC/DCコンバータ38を制御して、DC/DCコンバータ38の出力電圧が、ステップS26で決定した出力電圧になるように調整する（ステップS28）。DC/DCコンバータ38の出力電圧はバッテリー40及びインバータ44にそれぞれ印加されているため、DC/DCコンバータ38の出力電圧をこのように調整することによって、バッテリー40の出力電圧は、ステップS26で決定した出力電圧になる。従って、バッテリー40からは、出力電力として、ステップS22で得られたインバータ44の要求出力と燃料電池36の出力電力との差に相当する電力が、出力されることになる。

【0070】そこで、制御部20は、ステップS12で算出したインバータ44の要求出力に相当する電力を、インバータ44を介してモータ46で消費するように、インバータ44を制御する。この結果、バッテリー40から出力された電力はインバータ44に供給されると共に、残りの分の電力（即ち、インバータ44の要求出力とバッテリー40の出力電力との差）は、燃料電池36から引き出されて、インバータ44に供給される（ステッ



ブS30)。

【0071】即ち、制御部20が、DC/DCコンバータ38及びインバータ44に対し、上記のような制御を行なうことによって、燃料電池36からは、ステップS20で算出した出力電力が取り出されることになり、燃料電池36は、エネルギー変換効率の最も高い動作ポイントで動作することになる。

【0072】一方、ステップS22で得られたインバータ44の要求出力と燃料電池36の出力電力との差が0未満の場合は、制御部20が、ステップS24の場合と同様に、SOCセンサ42によって検出されたバッテリー40のSOCを取り込み(ステップS32)、その後、その取り込んだSOCが100%未満であるかどうかを判定する(ステップS34)。判定の結果、SOCが100%未満である場合には、バッテリー40に未だ電力が蓄積できるものとしてステップS36の処理に進み、SOCが100%である場合には、バッテリー40にはもう電力を蓄積することができないものとしてステップS42の処理に移行する。

【0073】SOCが100%未満の場合、制御部20は、ステップS26の場合と同様に、取り込んだSOCに基づいて、そのSOCに対応した出力電流-出力電圧特性を読み出し、その出力電流-出力電圧特性に基づいて、ステップS22で得られたインバータ44の要求出力と燃料電池36の出力電力との差から、バッテリー40に要求される出力電圧を決定する(ステップS36)。

【0074】具体的には、例えば、前述したのと同様に、検出されたSOCに対応した出力電流-出力電圧特性として特性G3が読み出された場合、制御部20は、その読み出された出力電流-出力電圧特性G3において、出力電力と出力電流との積が、インバータ44の要求出力と燃料電池36の出力電力との差にほぼ等しくなるポイントを算出する。この際、ステップS26の場合と異なり、インバータ44の要求出力と36の出力電力との差は0未満(即ち、負)であるので、出力電力と出力電力との積(即ち、バッテリー40の出力電力)が負となるポイントを算出することになる。ここで、バッテリー40から出力される電力が負となるということは、バッテリー40に電力が蓄積されるということ意味している。また、図4に示すように、バッテリー40の出力電圧は負となることがないので、出力電流が負となるポイントを算出することになる。

【0075】そこで、今、そのポイントが図4にPrであるとすると、そのポイントPrでのバッテリー40の出力電圧Vrを、バッテリー40に要求される出力電圧として決定する。

【0076】次に、制御部20は、DC/DCコンバータ38を制御して、DC/DCコンバータ38の出力電圧が、ステップS36で決定した出力電圧になるように調整する(ステップS38)。この結果、バッテリー40

の出力電圧は、ステップS26で決定した出力電圧になり、バッテリー40には電力が蓄積されることになる。即ち、燃料電池36からは電力が引き出されて、その出力電力のうち、ステップS22で得られたインバータ44の要求出力と燃料電池36の出力電力との差の絶対値に相当する電力が、バッテリー40に蓄積されることになる。

【0077】また、制御部20は、ステップS12で算出したインバータ44の要求出力に相当する電力を、インバータ44を介してモータ46で消費するように、インバータ44を制御する。この結果、燃料電池36から取り出された電力のうち、インバータ44の要求出力に相当する電力(即ち、バッテリー40に蓄積されなかった残りの分の電力)がインバータ44に供給されて、モータ46で消費される(ステップS40)。

【0078】従って、制御部20が、DC/DCコンバータ38及びインバータ44に対し、上記のような制御を行なうことによって、燃料電池36からは、ステップS20で算出した出力電力が取り出されることになり、燃料電池36は、エネルギー変換効率の最も高い動作ポイントで動作することになる。

【0079】一方、SOCが100%の場合は、制御部20が、SOC=100%に対応した出力電流-出力電圧特性を読み出し、その出力電流-出力電圧特性に基づいて、バッテリー40の出力電力が0となる場合の、バッテリー40に要求される出力電圧を決定する(ステップS42)。

【0080】即ち、例えば、図4の場合は、SOC=100%に対応した出力電流-出力電圧特性は特性G5であるので、この特性G5が読み出される。制御部20は、その読み出された出力電流-出力電圧特性G5において、バッテリー40の出力電力(即ち、出力電力と出力電流との積)が0となるポイントを算出する。図4に示すように、バッテリー40の出力電圧は負となることはないので、出力電流が0となるポイントを算出することになる。

【0081】図4に示すように、バッテリー40の出力電力が0となるポイントはPsであるので、そのポイントPsでのバッテリー40の出力電圧Vsを、バッテリー40に要求される出力電圧として決定する。

【0082】次に、制御部20は、DC/DCコンバータ38を制御して、DC/DCコンバータ38の出力電圧が、ステップS42で決定した出力電圧になるように調整する(ステップS44)。この結果、バッテリー40の出力電圧はステップS42で決定した出力電圧になるため、バッテリー40の出力電力は0となり、バッテリー40から電力が出力されることも、バッテリー40に電力が蓄積されることもなくなる。

【0083】さらに、制御部20は、ステップS12で算出したインバータ44の要求出力に相当する電力を、

インバータ44を介してモータ46で消費するように、インバータ44を制御する。この結果、燃料電池36からは、インバータ44の要求出力に相当する電力が取り出されて、バッテリー40に蓄積されることなく、インバータ44に供給されて、モータ46で消費される（ステップS46）。

【0084】なお、この場合、燃料電池36から取り出される電力は、あくまで、インバータ44の要求出力に相当する電力であり、ステップS20で算出した出力電力と必ずしも一致していない。そのため、燃料電池36は、ステップS18で決定した動作ポイント以外の動作

ポイントで動作する可能性がある。

【0085】ところで、以上の説明においては、制御部20のポンプ26に対する制御について特に触れなかったが、制御部20は、例えば、次のようにポンプ26を制御して、改質器28に供給する燃料の量を調整する。即ち、制御部20は、インバータ44からモータ46への実際の出力電力の過去数秒間の平均値に応じて、改質器28に供給する燃料の量を調整する。或いは、アクセル開度（即ち、インバータ44の要求出力）に応じて燃

料の量を調整するようにしても良いし、バッテリー40のSOCに応じて燃料の量を調整するようにしても良い。または、これらを組み合わせて、燃料の量を調整するようにしても良い。また、単純に、一定量の燃料を改質器28に供給するように、ポンプ26を制御しても良い。

【0086】さて、以上説明したように、本実施例によれば、ステップS46での動作以外では、燃料電池36をエネルギー変換効率の最も高い動作ポイントで動作させることができるので、燃料電池36のエネルギー変換効率とガス利用率を共にできる限り高くすることができる。

【0087】なお、本発明は上記した実施例や実施形態に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の態様にて実施することが可能である。

【0088】上記した実施例においては、制御部20内のROM20bに、燃料電池36におけるガス流量をパラメータとした出力電流－出力電圧特性のデータを予め格納し、制御部20は、取り込んだガス流量に基づいて、そのガス流量に対応した出力電流－出力電圧特性を読み出し、読み出した出力電流－出力電圧特性から、燃料電池36におけるエネルギー変換効率の最も高いポイント

を算出し、さらに、算出したポイントを燃料電池36の動作ポイントとして決定し、その動作ポイントで燃料電池36を動作させた場合の燃料電池36の出力電力を算出していた。しかしながら、本発明は、これに限定されるものではなく、例えば、制御部20内のROM20bに、各ガス流量毎に、そのガス流量に対応した出力電流－出力電圧特性におけるエネルギー変換効率の最も高いポイントのデータを予め格納しておき、制御部20は、取り込んだガス流量に基づいて、そのガス流量に対応し

たエネルギー変換効率の最も高いポイントを、制御部20内のROM20bから読み出して用いるようにしても良い。また、制御部20内のROM20bに、各ガス流量毎に、そのガス流量に対応して、エネルギー変換効率の最も高い動作ポイントで燃料電池36を動作させた場合の燃料電池36の出力電力のデータを予め格納しておき、制御部20は、取り込んだガス流量に基づいて、そのガス流量に対応した燃料電池36の出力電力を、制御部20内のROM20bから読み出して用いるようにしても良い。

【0089】このように、制御部20内のROM20bに格納するデータを、エネルギー変換効率の最も高いポイントのデータや、エネルギー変換効率の最も高い動作ポイントで燃料電池を動作させた場合の出力電力のデータとすることによって、制御部20での処理内容を軽減することができる。

【0090】また、上記した実施例においては、改質器28に燃料24としてメタノール及び水を供給していたが、本発明はこれに限定されるものではなく、メタノールに代えて、メタン、エタノール、天然ガス、ガソリン、軽油などであっても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例としての燃料電池システムの構成を示す構成図である。

【図2】図1の燃料電池システムにおける処理動作の流れを示すフローチャートである。

【図3】図1の燃料電池36における、ガス流量をパラメータとした出力電流－出力電圧特性の一例を示す特性図である。

【図4】図1のバッテリー40における、SOCをパラメータとした出力電流－出力電圧特性の一例を示す特性図である。

【図5】従来の燃料電池システムの構成を示す構成図である。

【図6】一般的な燃料電池における出力電力と発電効率との関係を燃料電池に供給される燃料ガスの量（ガス流量）をパラメータとして示した特性図である。

【図7】一般的な燃料電池における出力電力とその電力を発生させるのに必要な燃料ガスの量との関係を示した特性図である。

【符号の説明】

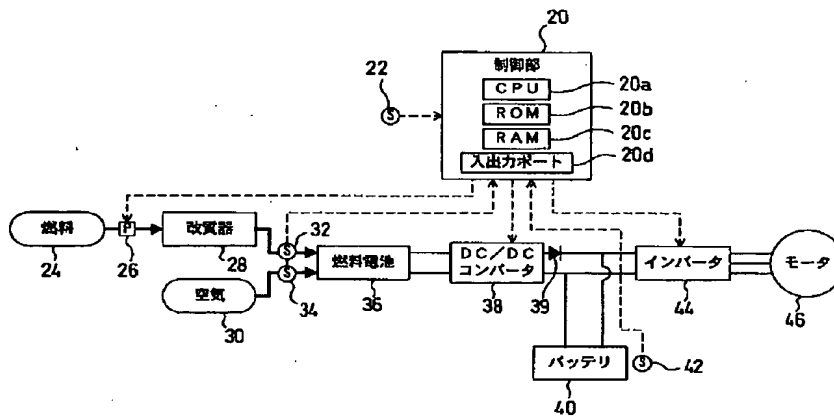
20…制御部  
20a…CPU  
20b…ROM  
20c…RAM  
20d…入出力ポート  
22…アクセルペダルポジションセンサ  
24…燃料  
26…ポンプ  
28…改質器

30…空気  
 32, 34…流量センサ  
 36…燃料電池  
 38…DC/DCコンバータ  
 39…ダイオード  
 40…バッテリー  
 42…SOCセンサ  
 44…インバータ  
 46…モータ  
 120…制御部  
 122…アクセルペダルポジションセンサ

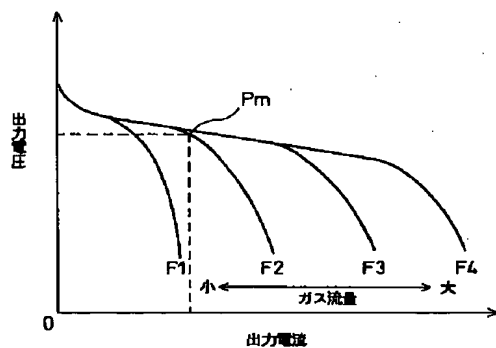
\* 124…燃料  
 126…ポンプ  
 128…改質器  
 130…空気  
 136…燃料電池  
 169…ダイオード  
 140…バッテリー  
 142…SOCセンサ  
 144…インバータ  
 146…モータ

\*

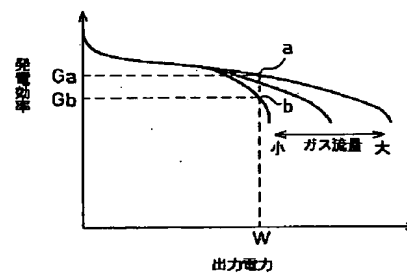
【図1】



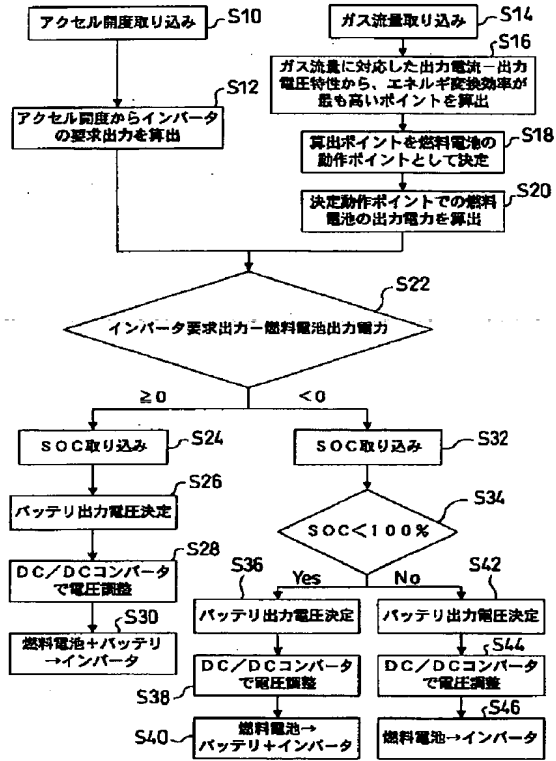
【図3】



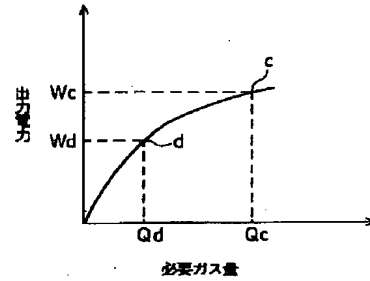
【図6】



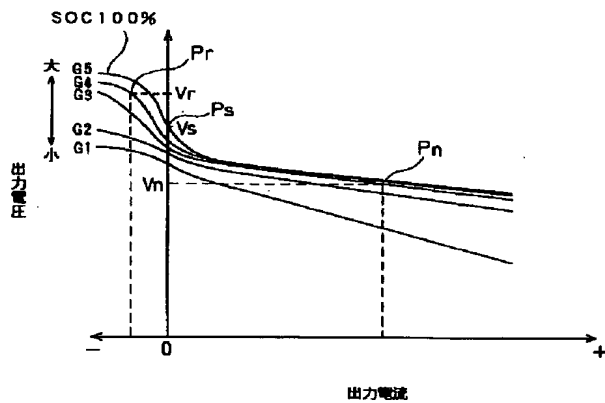
【図2】



【図7】



【図4】



【図5】

